

## الفصل الخامس

### ١- نقص الأوزون في الإستراتوسفير:

الانتقال بعيد المدى للتلوث والتفاعلات الكيماوية للغازات الجوية أنتج ظاهرة تعرف بتقّب الأوزون (Ozone Hole). شكل (٨). تقّب الأوزون هو في الواقع ترقيق في تركيز الأوزون في الإستراتوسفير، الذي أكتشف عام ١٩٨٥ بواسطة الأقمار الصناعية فوق أنتاركتيكا\*، ولكن من المحتمل أن هذا التقّب كان ينمو منذ ستينيات القرن الماضي. الرذاذ الحامل للكلور خاصة الكلورفلوروكاربونز (CFC'S) وغازات الهالوجينات الأخرى هي العوامل الرئيسية لنقص الأوزون. لقد استخدمت (CFC'S) كثيرا كغازات صناعية وفي التبريد/تكييف الهواء وصناعة الفوم وفي الإيروسولات لسنين عديدة. تلك المركبات غير سامة ولاتشعل وخاملة كيميائيا وإنتاجها غير مكلف. لقد استخدمت

---

\* أنتاركتيكا Antarktica هي قارة غير مأهولة تقع حول القطب الجنوبي.

منذ عام ١٩٣٠ حتى ١٩٨٠ فى كل أنحاء العالم، وانتشرت على اتساع الغلاف الجوى.

رغم أن الأوزون ملوث فى الهواء المحيط، إلا أنه يعتبر مهمًا فى الإستراتوسفير؛ لأنه يمتص الكثير من الأشعة فوق البنفسجية التى تصل إلى الغلاف الجوى. الأشعة فوق البنفسجية ضارة لانسجة الحيوان والنبات بما فيها العيون والجلد. فقد فى طبقة الأوزون بنسبة ١% يمكن أن ينتج عنه حوالى ما يزيد عن مليون حالة سرطان الجلد فى كل عام حول العالم، فى حالة عدم اتخاذ الإجراءات الاحتياطية. زيادة التعرض للأشعة فوق البنفسجية يمكن أن يقلل من الإنتاج الزراعى، ويسبب الارتباك فى النظم البيئية. يمكن أن تقلل المستويات العالية للأشعة فوق البنفسجية (UV) فى أنتاركتيكا من كمية العوالق النباتية الطافية فى الماء (Plankton)، الكائنات الدقيقة الطافية التى تكون أساس السلسلة الغذائية تشمل: الأسماك، الحيوانات البحرية ذات الرئتين (Seals)، طائر البطريق (Penguins)، والحيتان فى بحار أنتاركتيكا.

تساعد درجة حرارة الشتاء فى إنتاركتيكا الباردة هى من (٨٥°م إلى ٩٠°م) فى تكسير الأوزون. خلال الشهور الطويلة

الشتوية المظلمة - الرياح القوية المعروفة بالدوامة المحيطة بالقطب أو الدوامة حول القطب (Circumpolar Vortex) تعزل هواء أنتاركتيكا وتسمح بهبوط درجات حرارة الإستراتوسفير بما يمكن من تكوين البلورات الثلجية على ارتفاعات عالية - الشيء الذي نادرا ما يحدث في أى مكان آخر فى العالم. الأوزون والجزيئات المحتوية على الكلور يتم امتصاصها على أسطح جسيمات الثلج هذه. عند عودة الشمس فى الربيع، فإنها توفر الطاقة لتحرير أيونات الكلور، والتي سريعا ما تلتصق مع الأوزون حيث تفتته إلى جزئى الأكسجين، كما فى الجدول الآتى:

جدول (٥): تدمير أوزون الإستراتوسفير بواسطة ذرات الكلور وإشعاع UV.

المنتج	الخطوة
$CFCl_2 + Cl$	١- الكلوروفلورو كاربون + الأشعة فوق البنفسجية
$ClO + O_2$	٢- $O_3 + Cl$
$2 O$	٣- طاقة UV + $O_3$
$O_2 + Cl$	٤- $ClO + 2O$
	٥- العودة إلى الخطوة رقم (٢)

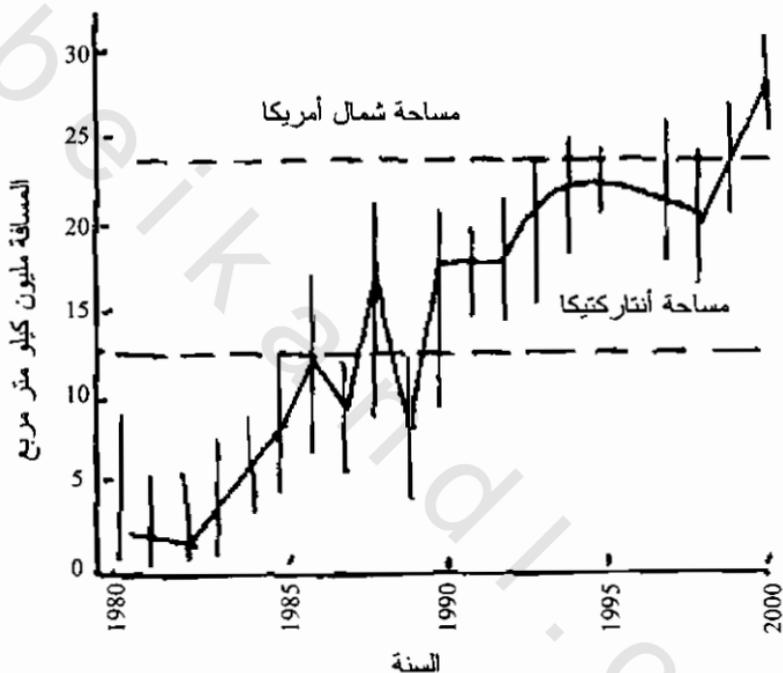
ويكون فقط خلال الربيع فى أنتاركتيكا (من سبتمبر حتى ديسمبر) حيث تكون الظروف مثالية للتدمير السريع للأوزون.

خلال ذلك الموسم تظل درجات الحرارة باردة بما يكفي لدورات الثلج عالية الارتفاع، ولكن الشمس تصبح بالتدريج قوية بما يكفي لدفع التفاعلات الكيميائية الضوئية.. مع وصول فصل الصيف في إنটারكتيكا، تصبح درجات الحرارة معتدلة إلى حد ما، وتتكسر الدوامة المحيطة بالقطب، حيث يختلط الهواء من خطوط العرض الأكثر دفئاً مع هواء أنتاركتيكا، بما يعيد النقص في ثقب الأوزون -ينتج انخفاض قليل من هذا الخلط على مستوى العالم، ولكن الأوزون يعاد تكوينه طبيعياً ولكن ليس بالسرعة التي تم تدميره بها.

ونظراً لأن ذرات الكلور لا يتم استهلاكها في التفاعلات مع الأوزون، فإنها سوف تستمر في تدمير الأوزون لسنين، حتى ترسب أخيراً أو أن يتم غسلها من الهواء.

منذ تم اكتشاف ثقب الأوزون في إنটারكتيكا في عام ١٩٨٥، فإنه في عام ١٩٩٨ غطت منطقة نقص الأوزون ٢٧,٣ مليون كيلو متر مربع أو حوالى مساحة أمريكا الشمالية. ولكن هذه الظاهرة تنتشر الآن في أجزاء أخرى من العالم. حوالى ١٠% من كل أوزون الإستراتوسفير في جميع أنحاء العالم يتم تدميره خلال فصل الربيع لعام ١٩٩٨، والمستويات

فوق منطقة القطب الشمالي (Arctic) أصبحت بمتوسط ٤٠% دون الطبيعي. لوحظ نقص الأوزون فوق القطب الشمالي بتركيز أقل، شكل (٨).



شكل (٨): زيادة حجم ثقب الأوزون.

منطقة الأوزون المنقوص فوق أنتاركتيكا.

الخطوط الرأسية تمثل أدنى وأقصى مساحة خلال الربيع في قارة أنتاركتيكا

## ٢- تركيز طبقة الأوزون طبقاً للارتفاع:

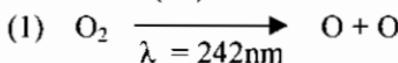
الارتفاع بالكيلومتر	تركيز الأوزون بالجزء في المليون بالحجم
١٦	١
٣٠	٨
٤٠	٢
١٠٠	صفر

يقاس سمك طبقة الأوزون بوحدات (Dobson Units) (DU).  
 واحد DU = ٠,٠١ ملليمتر من الغاز المضغوط عند صفر

درجة مئوية وضغط ٧٦ سم زئبق.

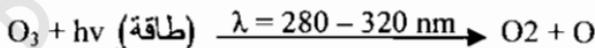
الأوزون يتكون طبيعياً في الإستراتوسفير بتأثير الأشعة فوق البنفسجية على الأكسجين

طاقة (hv)



حيث M جسم ثالث (مثلاً  $N_2$ ) الذي يمتص الطاقة الزائدة المنطلقة بالتفاعل (2) حيث يستقر جزئ الأوزون.

طبقة الأوزون تعمل كدرع واقٍ لسطح الأرض، حيث إنها تمتص الأشعة فوق البنفسجية ( $\lambda = 280 - 320$  نانومتر) المسؤولة عن التحول الوراثي المفاجئ للحامض النووي الريبى المنقوص الأكسجين (DNA Mutation) وسرطان الجلد طبقاً للمعادلة:



كذلك فإن الأشعة فوق البنفسجية يمكن أن تساهم في دفاء الأرض.

#### عوامل استنزاف طبقة الأوزون:

الثلاثة عوامل المهمة بفعل الإنسان ذات التأثير على طبقة الأوزون:

أ- الانبعاث المباشر لغازات  $N_xO$  بواسطة الطائرات الأسرع من الصوت.

ب- استخدام مادة الكلوروفلوروكاربيون.

ج- زيادة الاستخدام للأسمدة النيتروجينية.

DNA = Deoxyribonucleic Acid \*

سمك طبقة الأوزون أصبح أقل من (200 DU)، والمعروف بأسم ثقب الأوزون.

عواقب استنزاف طبقة الأوزون:

استنزاف طبقة الأوزون يمكن الأشعة فوق البنفسجية التي تصل إلى الأرض من الآتى:

(١) سرطان الجلد، سرطان الدم (ابيضاض الدم - Leu Kemina) هرم المبسترين (Premature Aging) الشعور بالحروق... إلخ.

(٢) يؤدي إلى الاحترار أو الدفء الكوكبي بما يسبب ذوبان الجليد فى الجبال القطبية، غمر المناطق الساحلية، الفقد فى الإنتاج العالمى للغذاء.. إلخ.

(٣) زيادة تبخر المياه السطحية فى الأوراق النباتية وخفض محتوى التربة من الرطوبة.

(٤) يسبب الانخفاض بنسبة ٢٠-٢٥% من الكلوروفيل فى النبات.

(٥) يمكن أن يشكل خطورة على حياة الإنسان.

## ٣- علامات التقدم:

اكتشاف الفقد في أوزون الإستراتوسفير حقق استجابة دولية سريعة ملحوظة. في عام ١٩٨٧، صدر عن اللقاء الدولي في مونتريال في كندا بروتوكول مونتريال، وهو أول العديد من الاتفاقيات الدولية الرئيسية نحو تطوير معظم استخدامات (CFC's) بحلول عام ٢٠٠٠. مع تراكم الشواهد التي تبين أن العقد كان كبيراً وأكثر انتشاراً عما كان عليه من قبل، فإن آخر موعد للتخلص من كل (CFC's) (الهالوجينات، رابع كلوريد الكربون، ميثايل كلوروفورم) قد تحرك إلى عام ١٩٩٦. تم وضع استثمارات بمقدار ٥٠٠ مليون دولار لمساعدة الدول الفقيرة في التحول إلى تقنيات غير مستخدمة لـ CFC's. ولحسن الحظ كانت تلك البدائل موجودة مسبقاً. أول البدائل هو (HCFC's) (Hydrochloro Fluoro Carbons) الذي يطلق القليل جداً من الكلور لكل جزئ. ونأمل توفير جزئيات خالية من الكلور التي تعمل بالطريقة نفسها، ولا تكون أكثر تكلفة عن (CFC's).

## ٤- توجد شواهد نحو حظر استخدام (CFC's)

قد أصبح لهبوط إنتاج CFC's بما يقرب من ٨٠% منذ عام ١٩٨٩ تأثير في الدول الصناعية، الآن تتم إزالة من الغلاف الجوي بأسرع مما كان يضاف. في خلال ٥٠ عاماً تقريباً يتوقع أن تعود مستويات الأوزون في الجو ثانياً إلى حالتها الطبيعية. ولكن لسوء الحظ لا يوجد جانب سلبى لإيقاف تدمير الأوزون، حيث الأوزون غاز احتباس حرارى، وخفض مستويات الأوزون عوضاً عن تأثير زيادة CO<sub>2</sub>. عند إعادة تخزين الأوزون، فإن الدفاء العالمى قد يزداد؛ لذلك فإنه كما هو الحال، فإننا عندما نتحدث عن اضطراب لأحد عوامل البيئة، فإننا نؤثر على العوامل الباقية الأخرى.